

DENGUE EM MINAS GERAIS: UMA ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS SOCIOECONÔMICAS E CLIMÁTICAS

*Bruna Silva de Moraes Gomes¹
Suzana Quinet de Andrade Bastos²
Bruna Rodrigues Nascimento³*

Resumo

O trabalho busca entender a influência de variáveis climáticas e socioeconômicas na incidência da dengue nos municípios do estado de Minas Gerais. Os resultados das estimações mostram indícios que o saneamento básico, o PIB e a densidade populacional influenciam positivamente na incidência da dengue. As variáveis climáticas (temperatura mínima e máxima, umidade e precipitação) não influenciam os casos de dengue. O controle da dependência espacial não deve ser considerado no caso da dengue, ou seja, o que ocorre num município não se relaciona com seus vizinhos no que tange à dengue.

Palavras-chave: dengue, políticas públicas, primeira diferença, autocorrelação espacial.

Abstract

The work seeks to understand the influence of climatic and socioeconomic variables in the incidence of dengue in the municipalities of Minas Gerais. The estimation results show evidence that sanitation, GDP and population density positively influence the incidence of dengue. Climatic variables (maximum and minimum temperature, humidity and precipitation) do not affect cases of dengue. The control of spatial dependence should not be considered in the case of dengue, that is, what happens in one municipality does not relate to its neighbors with regard to dengue.

Keywords: dengue, public policy, first difference, spatial autocorrelation.

JEL:I18

1. INTRODUÇÃO

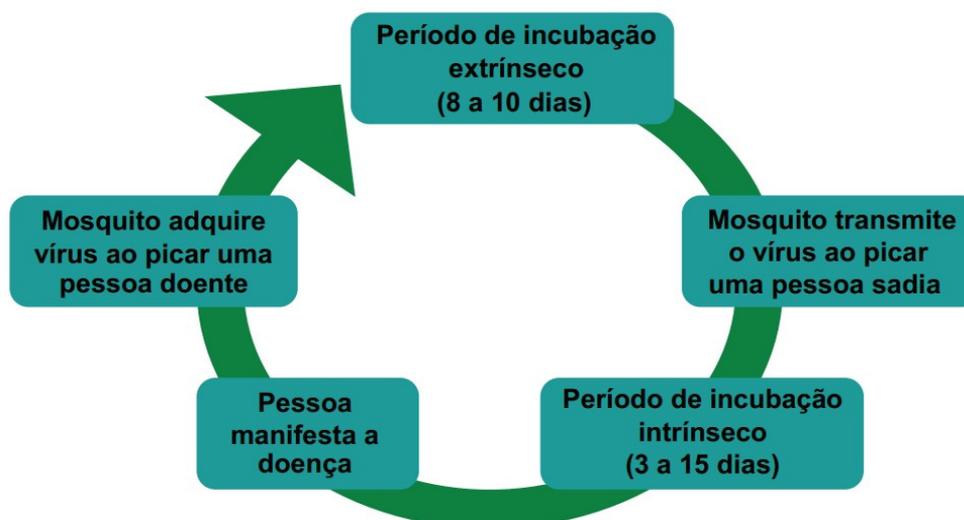
De acordo com Centers for Disease Control and Prevention (CDC, 2012), mais de um terço da população mundial vive em áreas de risco para a transmissão do vírus da dengue e cerca de 100 milhões de pessoas são infectadas anualmente pelo vírus. Ainda segundo a CDC, a dengue tem emergido como problema social mundial desde 1950. Para o Ministério da Saúde (2012), a dengue é o principal arbovírus que afeta o ser humano, constituindo um sério problema de saúde pública no mundo.

Caracterizada como uma doença infecciosa febril aguda, a dengue tem o *Aedes Aegypti* como seu principal vetor, com quatro sorotipos conhecidos: DENV1, DENV2, DENV3 e DENV4. Todos esses sorotipos podem se manifestar desde a forma assintomática até quadros graves e hemorrágicos. Países de clima tropical e subtropical, como o Brasil, apresentam condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento e a proliferação do mosquito (MINAS GERAIS, 2005).

A reprodução do mosquito da dengue depende de certos fatores para ocorrer. Um deles é a presença de água limpa para que os ovos do mosquito sejam depositados. Aproximadamente sete dias após a postura do ovo, dependendo de uma série de fatores, como a temperatura, a reprodução se completa. O ciclo de vida do mosquito dura pouco mais de um mês. A transmissão da doença ocorre pela picada da fêmea do *Aedes Aegypti*, que precisa de sangue humano para viabilizar a maturação dos ovos. O mosquito infectado transmite o vírus ao picar uma pessoa sadia e uma pessoa infectada transmite o vírus para outros mosquitos (BRASIL, 2007). A Figura 1 mostra o ciclo de infecção no mosquito e no homem.

Para a Organização Panamericana de Saúde como macrodeterminantes da dengue são a densidade populacional moderada ou alta, padrões de assentamento inadequado, habitações com ausência de água encanada e com recipientes para armazenamento inadequadamente vedados, coleta de lixo deficiente e condições socioeconômicas precárias. Ou seja, o vírus da dengue está associado a atividades antrópicas, que viabilizam sítios artificiais para a reprodução do mosquito, permitindo assim a manutenção da sua infestação.

Figura 1– Ciclo de infecção no mosquito e no homem.



Fonte: Linha Guia de Atenção à Saúde, 2009.

Para combater a dengue é necessário que haja um controle da reprodução do mosquito vetor, o *Aedes Aegypti*, ou seja, a alta densidade demográfica, consequência do processo de urbanização desordenado, que propiciam condições ambientais favoráveis à proliferação e sobrevivência do mosquito, somadas a graves deficiências no abastecimento de água e na limpeza urbana e intenso trânsito de pessoas entre as áreas urbanas são a justificativa para a não erradicação do mosquito (TEIXEIRA, 2009; MEDRONHO, 2006; TAUIL, 2008). Não existem medidas de controle específicas direcionadas ao homem, uma vez que não há vacina eficiente que combata o vírus (BRASIL, 2009).

A notificação dos casos suspeitos, a investigação do local provável de infecção, bem como a busca ativa de casos são elementos fundamentais. Atualmente, o único elo vulnerável da cadeia epidemiológica da dengue é o mosquito. Assim, o controle está centrado na redução da densidade vetorial. (GUIA DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA, p.15, 2009)

Portanto, o combate a criadouros, e uma melhor prestação de serviços municipais, como limpeza urbana, abastecimento de água, saneamento e educação são a melhor forma de se evitar a dengue.

O clima exerce grande influência na saúde humana e, de acordo com a Organização Mundial de Saúde (WHO, 2013), as doenças sensíveis ao clima são um dos principais problemas de saúde pública. Segundo Mendonça (2012), fatores como a umidade do ar, temperatura e ventos são relevantes para a manifestação de muitas doenças, epidemias e endemias humanas. Além do clima, outros elementos da natureza, como água e solo, contribuem para a permanência de doenças na população (ROSEN apud JESUS, 2010).

No caso particular das doenças transmitidas por vetores, muitos estudos mostram que as variações no clima (temperatura, precipitação e umidade) têm efeito sobre os essas, uma vez que seus vetores necessitam da condição climática ideal para assegurar a sua sobrevivência e reprodução. Para Confalonieri (2013):

(...) no que diz respeito à saúde humana, temos os fatores tais como temperatura, umidade relativa, precipitação pluviométrica e até o ciclo hidrológico afetando a capacidade de reprodução e sobrevivência de agentes patogênicos no meio ambiente e, principalmente, dos chamados vetores de agentes infecciosos, tais como os mosquitos envolvidos na transmissão da malária, da febre da dengue etc. (CONFALONIERI, 2013, p. 194).

Diante esse contexto, o objetivo do presente trabalho é analisar as variáveis climáticas e socioeconômicas para entender a influência destas na incidência de dengue nos municípios de Minas Gerais. Para lograr este objetivo utiliza-se a metodologia de dados em painel e de corte transversal. O período de análise é a década de 2000.

O presente trabalho está distribuído da seguinte forma: além desta introdução, o tópico 2 faz uma revisão de literatura, abordando os principais trabalhos empíricos referentes ao tema. Nos tópicos seguintes são apresentadas a base de dados e a metodologia e, por fim, os resultados e as considerações finais.

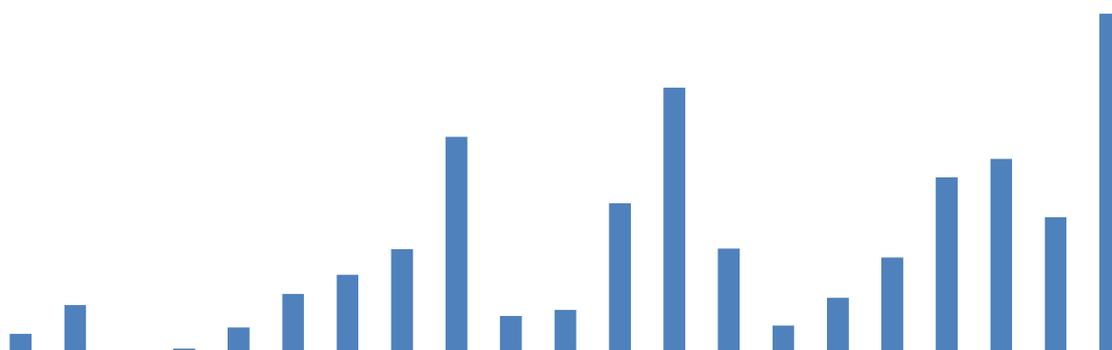
2. DENGUE NO BRASIL

No Brasil, há referências de epidemias de dengue desde o século XIX. Em 1916, em São Paulo, e em 1923, em Niterói houve relatos, mas sem diagnóstico laboratorial. Só em 1981 – 1982, em Boa Vista – RR, houve a primeira epidemia com relato clínico e laboratorial. Em 1986, a dengue atingiu o estado do Rio de Janeiro e algumas capitais da região Nordeste e, desde então, a dengue vem ocorrendo no Brasil de forma continuada e frequente, atingindo a população em todos os estados (BRASIL, 2009).

A Figura 2 mostra a taxa de incidência da dengue no Brasil (casos por 100 mil habitantes) desde 1990, ano em que começam a ser tabulados os dados referentes a notificação de dengue pelo Sistema de Informação e Agravos de Notificação (SINAN). Notam-se três principais epidemias de dengue, nos anos de 1998, 2002 e mais recentemente em 2010.

Figura 2 – Taxa de incidência da dengue no Brasil (casos por 100 mil habitantes) 1990/2010.

Taxa de Incidência da Dengue no Brasil



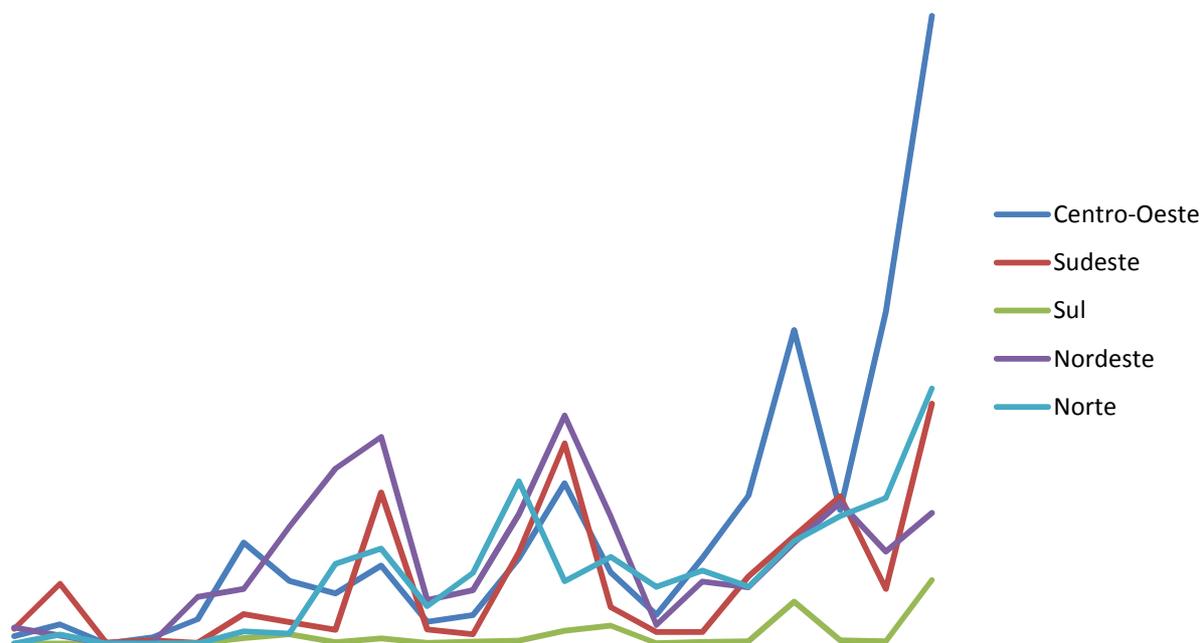
Fonte: Datasus (2013). Elaboração própria.

Em 2010, as Regiões Centro-Oeste e Norte foram as que apresentaram a maior taxa de incidência de dengue no Brasil. A Região Sul, ao contrário, apresenta a menor taxa desde 1990. A Figura 3 mostra a evolução da taxa de incidência da dengue de acordo com as regiões brasileiras.

O governo brasileiro tem realizado medidas de combate à dengue. O Ministério da Saúde, em 1996, implantou o Programa de Erradicação do *Aedes aegypti* (PEAa), que tinha como objetivo descentralizar as ações de controle à dengue, fazendo repasses dos recursos do governo federal diretamente para estados e municípios. Apesar de o programa ter aumentado significativamente os recursos utilizados para ações de combate ao vetor, ficou evidente que era necessário a mobilização social na prevenção do mosquito, dada a impossibilidade de erradicação do mesmo. Em 2001, o Ministério da Saúde em parceria com a Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS), lançou o Plano de Intensificação das Ações de Controle da Dengue (PIACD), que buscando corrigir falhas do Programa já implantado, incorporou a participação comunitária, além de aumentar os recursos federais destinados ao controle da doença (PORTAL DA SAÚDE, 2012).

Outra política de combate e prevenção à transmissão da dengue é o Levantamento Rápido do Índice de Infestação por *Aedes aegypti* (LIRAA), organizado pelo Ministério da Saúde em parceria com o Sistema Único de Saúde (SUS). O objetivo dessa política pública é identificar as cidades que estão em situação de alerta ou risco e implementar ações adicionais de prevenção e combate, caso necessário (LIRAA, 2012).

Figura 3 – Taxa de incidência de dengue (casos por 100mil habitantes) por região brasileira, 1990/2010.



Fonte: Datasus, 2013. Elaboração própria.

2.1. MINAS GERAIS

Em Minas Gerais, a dengue apresenta alta incidência anual. De acordo com o Sistema de Informação de Notificação de Doenças, em 2012 o estado mineiro apresentou mais de 22 mil casos de dengue, 38% do total das doenças com notificação obrigatória (Tabela 2).

A primeira notificação de dengue ocorrida em Minas Gerais foi em 1987. Até o ano de 1996, a incidência de dengue era restrita a alguns municípios do interior do estado. Nesse mesmo ano, foram confirmados casos da doença na região metropolitana de Belo Horizonte. A primeira epidemia de dengue enfrentada pelo estado de Minas Gerais ocorreu em 1998, quando a região metropolitana de Belo Horizonte teve incidência de 862,08 casos/100.000 habitantes.

Tabela 2 – Doenças de notificação no estado de Minas Gerais, em 2012.

Doença	Notificações	% do total
Acidente por animais peçonhentos	16.663	28,56%
Coqueluche	168	0,29%
Dengue	22.607	38,75%
Doenças exantemáticas	1	0,002%
Esquistossomose	3.729	6,39%
Febre Maculosa	6	0,01%
Hantavirose	8	0,01%
Hepatites virais	803	1,38%
Intoxicação exógena	12.677	21,73%
Leishmaniose visceral	86	0,15%
Leishmaniose tegumentar americana	415	0,71%
Leptospirose	89	0,15%
Malária	73	0,13%
Meningite	960	1,65%
Paralisia Flácida Aguda	33	0,06%
Síndrome da rubéola congênita	1	0,002%
Tétano	22	0,04%
Total	58.341	100%

Fonte: Sinan, 2013. Elaboração própria.

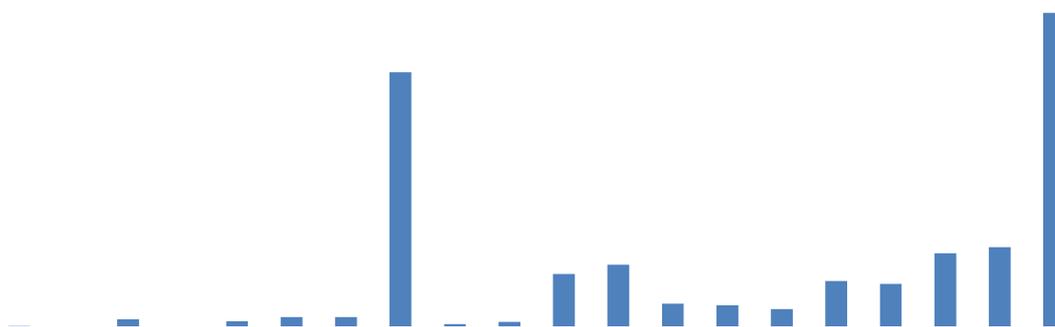
O segundo pico epidêmico ocorreu em 2002, quando foi criado o Plano Estadual de Combate à Dengue, e em 2006 houve nova tendência ao aumento de casos da doença, mantida no ano seguinte. Tal fato levou o estado a propor um plano de intensificação, atualizando o plano de 2002 (MINAS GERAIS, 2005). Em 2010, o Estado apresenta a maior epidemia da sua história, com mais de 208 mil casos notificados. Já em 2011 esse número volta a cair, tendo sido notificados aproximadamente 38 mil casos (SINAN, 2013). A Figura 4 mostra a taxa de incidência da dengue (casos por 100 mil habitantes) em Minas Gerais, no período de 1990 a 2010.

Em termos espaciais, pode-se perceber pela inspeção visual dos mapas percentílicos de notificações de dengue por município (Figura 5) que não há uma constância. Os anos 2001 e 2010 não apresentam uma semelhança significativa. Uma questão que pode contribuir para essa não continuidade é o tempo do mandato eleitoral no Brasil, que são de quatro anos. Ao considerar uma

análise com corte de 10 anos, um município pode ter tido em 2001 um prefeito que não se preocupou em combater a dengue, o que gerou um surto, mas em 2010 o prefeito em posse pode ter elaborado um plano de combate a dengue que trouxe melhores resultados.

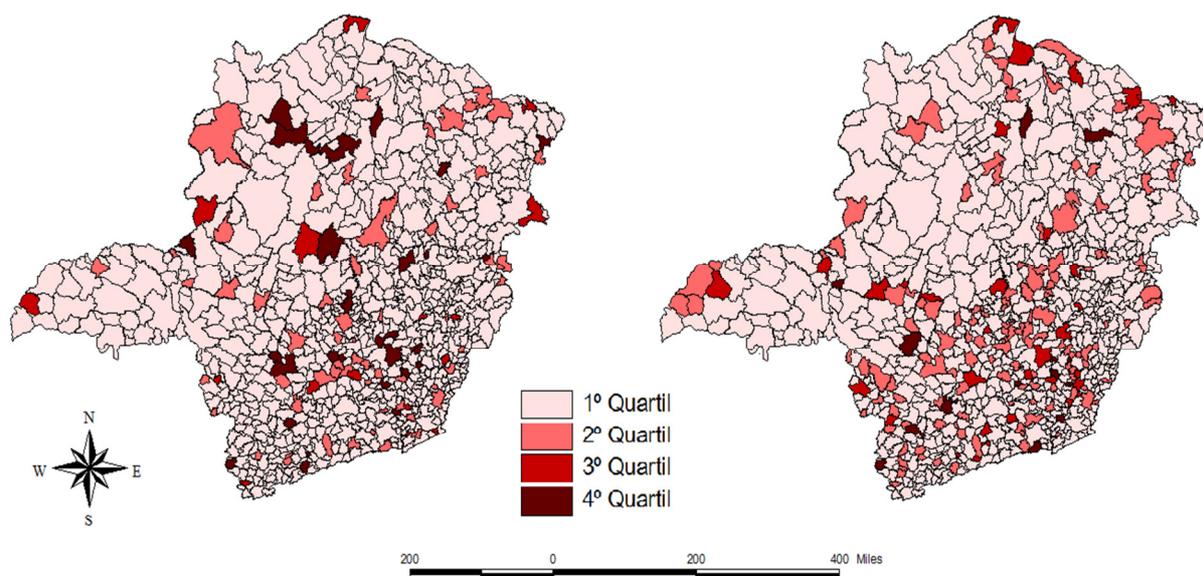
Figura 4 – Taxa de incidência da dengue (casos por 100 mil hab.) de 1990 a 2010 em Minas Gerais.

Tx. Incidência em Minas Gerais



Fonte: Datasus, 2013. Elaboração Própria.

Figura 5 – Mapas quartílicos das notificações de dengue por cem mil habitantes dos municípios mineiros para 2001 e 2010, respectivamente.



Fonte: Elaboração do autor a partir do *software ArcView*.

2.2. TRABALHOS EMPÍRICOS

Paulino e Natal (1998) identificaram unidades ambientais favoráveis a ocorrência da dengue. Encontraram que a incidência de dengue é inversamente proporcional às condições socioeconômicas vigentes, de forma que a dengue não atinge a cidade de forma homogênea. Mondini e Neto (2007) chegaram a conclusões parecidas ao avaliarem a relação entre o risco de ocorrência de dengue e os níveis socioeconômicos, na cidade de São José do Rio Preto (SP), entre 1990 e 2002. Através de dados geocodificados e agrupados por setor censitário (por serem delimitados geograficamente e mostrarem características homogêneas) e esses foram agrupados em quartis definidos pelo nível socioeconômico perceberam que o nível socioeconômico e o risco de dengue não tiveram associação.

Enquanto Aparecida da Silva *et al* (2003), ao analisarem os bairros do município de Umuarama (PR) perceberam que os bairros mais afetados com a dengue foram os contornados pelo córrego da cidade, tais bairros tinham um saneamento básico precário. E Mendonça *et al* (2005), observaram ao analisarem a cidade de Curitiba (PR) que a maior incidência de dengue se dá em um ambiente climático quente e úmido mais expressivamente nas classes mais pobres da população. Carneiro e Candeias (2010) ao analisarem os fatores que caracterizam um ambiente mais propício para a proliferação da dengue, nos bairros do Recife, no período entre 2000 e 2006 identificaram a vegetação como um fator capaz de influenciar a ocorrência de dengue.

Almeida *et al* (2009), Flauzino e Souza-Santos (2009), Pereda e Rangel (2011) e Freitas *et al.* (2013) avaliaram as questões socioeconômicas e climáticas relacionadas a dengue de forma mais ampla, traçando o perfil das regiões e das pessoas infectadas. Os dois primeiros trabalhos buscaram estratificar as ocorrências e através da análise multivariada fazer correlações entre os casos e as questões socioeconômicas, os resultados demonstraram uma maior incidência em pessoas do sexo feminino, com idades economicamente ativas e residentes em favelas (moradores com nível socioeconômico mais baixo). Os demais trabalhos incorporaram a essa análise o tratamento espacial chegando a conclusões semelhantes aos primeiros, acrescentando: i) o aumento da temperatura impacta positivamente no risco de dengue, ii) as chuvas possuem efeito positivo, porém decrescente, chegando a ser negativo no caso de grandes quantidades de chuvas para algumas das regiões, iii) a umidade relativa média também impacta a incidência de dengue, iv) independente do nível de

desenvolvimento, os municípios estão suscetíveis à proliferação dos casos de dengue. O quadro 1 traz o resumo dos artigos analisados.

Quadro 1 – Trabalhos Empíricos.

ANO	AUTOR	OBJETIVO	LOCAL/ PERÍODO	METODOLOGIA	VARIÁVEIS	RESULTADOS
1998	Costa e Natal	Identificar unidades ambientais favoráveis a ocorrência da dengue e sua possível influência nos níveis de incidência em um centro urbano;	São José do Rio Preto (SP) / Janeiro a Junho de 1995;	Análise fatorial através do procedimento "Quick Cluster".	Canalização de água interna, ligação sanitária na rede geral, domicílios em propriedade do chefe de família, coleta direta de lixo, moradores por domicílio, % escolaridade dos chefes de família (analfabetos, primeiro grau incompleto, 2o grau incompleto, 2o grau completo ou superior incompleto, superior completo); % renda chefes (inferior a um salário mínimo, entre 1 e 3 salários, 3 a 5 salários, 5 a 10 salários, 10 a 15 salários, 15 ou mais salários), renda média nominal do chefe, domicílios por quadra;	O coeficiente de incidência de dengue variou de forma inversa com o padrão socioeconômico;
2005	Paula e Oliveira	Analisar os fatores a fim de caracterizar um ambiente mais propício para a proliferação da dengue e aplicar políticas de prevenção;	Paraná, com foco em Curitiba/ 1993 a 2003;	Análise feita através de mapas;	Clima, pluviosidade, escolaridade, hábitos, saneamento básico, densidade populacional;	Variações climáticas estão fortemente relacionadas à dengue;

2007	Mondini e Chiaravalloti Neto	Avaliar a relação entre o risco de ocorrência da dengue e os níveis socioeconômicos;	São José do Rio Preto (SP)/ 1990 a 2002;	Análise das componentes principais;	Casos autóctones de dengue notificados; renda e anos de instrução médios das pessoas responsáveis pelo domicílio; porção de pessoas analfabetas;	Ausência de associação entre risco de ocorrência de dengue e níveis socioeconômicos na quase totalidade dos resultados;
2009	Almeida, Medronho e Valencia	Analisar a epidemia de dengue em relação ao contexto socioeconômico segundo áreas geográficas;	Bairros do Rio de Janeiro/ 48ª semana de 2001 a 20ª semana de 2002;	Análise de regressão linear múltipla e espacial;	Casos novos de dengue divididos pela população; abastecimento de água, rede de esgoto, coleta de lixo; porção de domicílios cujo responsável não tem rendimentos ou recebe somente benefícios; porção de domicílios com lavadora de roupa; proporção de população alfabetizada; densidade populacional urbana; densidade de pessoas por dormitório no domicílio;	Problemas relacionados ao saneamento básico contribuem decisivamente para o aumento do risco da doença. Reforçam a importância do uso de ferramentas de análise espacial;
2009	Flauzino, Barcelllos, Gracie, Magalhães e Oliveira	Analisar a ocorrência espacial e temporal da dengue e sua associação com a heterogeneidade de características do ambiente urbano.	Ilha da Conceição, Niterói (RJ)/ 1998 a 2006;	Setores classificados em áreas homogêneas foram analisados por meio de sistema de informação geográfica (SIG). Método de kernel. O método de varredura espacial de Kulldorff foi usado para confirmação estatística;	Casos de dengue, anos de estudo, rendimento de chefes de família, abastecimento de água e coleta de lixo; perfil socioeconômico, faixa etária e sexo;	Predominância no sexo feminino, em idade economicamente ativa; maior incidência em favelas (moradores com nível socioeconômico mais baixo);

2010	Carneiro e Candeias	Definir o ambiente mais propício para a proliferação da dengue para aplicar políticas de prevenção;	Bairros de Recife/ 2000 a 2006;	Foram feitos os cruzamentos dos dados para a análise da relação entre os casos de dengue e os fatores externos;	Áreas pobres, área verde por habitante, variáveis socioeconômicas (atlas de desenvolvimento humano), índice de pluviosidade, (dados como coleta de lixo e tratamento de água não foram encontrados);	No ano 2002 houve uma explosão do número de casos de dengue. Nota-se que não há um distrito que seja sempre o mais afetado pela doença; Bairros com pouca vegetação tem um índice de dengue maior; Onde a população é mais concentrada existem mais casos de dengue;
------	---------------------	---	---------------------------------	---	--	--

2011	Pereda, Alves e Rangel	Entender a influência do clima na incidência e distribuição espacial de dengue no Brasil;	Brasil/ 2000 a 2009;	Modelos de Poisson aplicados para dados em painel dos municípios brasileiros de 2000 a 2009;	Notificações de casos de dengue; número de hospitais públicos e privados por município; mortalidade infantil por município (medida de capital humano e <i>proxy</i> para pobreza); salário médio por município ao mês; custo da cesta básica por região metropolitana; temperatura média mensal e umidade relativa mensal; precipitação mensal;	O aumento da temperatura impacta positivamente no risco de dengue. No caso da relação entre dengue e quantidade de chuvas, o efeito estimado foi positivo, porém decrescente, chegando a ser negativo no caso de grandes quantidades de chuvas. A umidade relativa média foi importante para explicar a incidência de dengue. Variáveis socioeconômicas mostraram relação positiva entre pobreza e dengue;
------	------------------------	---	----------------------	--	---	--

2011	Nascimento	Caracterizar os casos confirmados de dengue segundofaixa etária, sexo, raça e escolaridade;	Alfenas(MG)/ 2001 a 2010;	SIG, Cluster, Stata;	Faixa etária, escolaridade, renda média, água encanada, coleta regular de lixo, esgotamento sanitário;	Predominância em adultos de raça branca; ensino fundamental completo; Meses com maiores coeficientes de incidência foram março, abril e maio;
2013	Freitas e Cabral	Determinar a relação da dengue com os fatores socioeconômicos e demográficos, controlando efeitos espaciais.	Municípios brasileiros/ 2010	Regressão Ponderada Geograficamente (RPG)	Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM) e densidade populacional;	A densidade populacional e IFDM estão positivamente relacionados aos casos de dengue;

Fonte: elaboração própria

3. BASE DE DADOS E ANÁLISE DESCRITIVA

As informações sobre as notificações de dengue, que englobam casos de dengue clássico e hemorrágica, foram retiradas do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan). O período de análise vai de janeiro de 2001 a dezembro de 2010.

Com relação às variáveis explicativas (quadro 2), os dados sobre densidade populacional foram retirados dos CENSOS. Espera-se uma relação positiva entre a densidade populacional e as notificações de dengue, como evidenciado por Carneiro (2010).

Gastos *per capita* com saúde e saneamento básico, renda líquida *per capita* e PIB *per capita* foram retirados do Índice Mineiro de Responsabilidade Social, realizado pela Fundação João Pinheiro (FJP). Os valores anuais foram convertidos em valores de dezembro de 2010 através dos valores médios do IGP-DI de cada ano e do valor do IGP-DI de dezembro de 2010.

Almeida et al (2009) verifica que as condições sanitárias contribuem decisivamente para o aumento no risco da dengue. No presente trabalho é criada uma componente principal de saneamento básico (sanea), formada a partir das variáveis abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo, retirados dos CENSOS.

Dados sobre porcentagem do município com cobertura vegetal por flora nativa foram extraídos do Zoneamento Econômico Ecológico de Minas Gerais. Os valores relativos ao ano de 2003 foram repetidos em 2000, 2001, 2002 e 2004, os do ano 2005 foram repetidos em 2006 e os de 2007 foram repetidos em 2008, 2009 e 2010.

Os dados climáticos, sobre precipitação, temperatura e umidade, foram extraídos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). Para os municípios onde não existiam estações ou que o BDMEP não disponibilizava os dados, foi utilizado o método de Krigagem, de estatística espacial, que permite a interpolação dos dados. Pereda (2011) e Mendonça (2005) encontraram relação entre os casos de dengue e o clima, indicando o verão como a época mais propícia à dengue. Para Nascimento (2011), os meses em que a incidência de dengue é mais elevada são março, abril e maio. A partir dos resultados de ambos, no

presente trabalho é utilizada componente principal de clima (clima), formada através das variáveis temperaturas máximas e mínimas, precipitação e umidade.

Quadro 2– Variáveis explicativas

VARIÁVEL	DEFINIÇÃO	FONTE	SINAL
Densidade Populacional (den)	Razão entre o número total de pessoas residentes no município e a sua área total, em habitantes/km ² .	CENSOS	+
Percentual da população com acesso a abastecimento de água e banheiro (abas)	Número de pessoas que vivem em domicílio com água encanada em pelo menos um dos seus cômodos e com banheiro, dividido pela população total e multiplicado por 100.	CENSOS	-
Percentual da população atendida com sistema de esgotamento sanitário (esg)	Número de pessoas com acesso à rede geral de esgotamento sanitário dividido pela população total do município, multiplicado por 100.	CENSOS	-
Percentual da população atendida por sistema de coleta e tratamento de lixo (lix)	Número de pessoas com acesso ao sistema de coleta de lixo, dividido pela população urbana total do município, multiplicado por 100. São considerados apenas os municípios onde esse percentual é igual ou superior a 70%;	CENSOS	-
Percentual de cobertura vegetal por flora nativa (veg)	Razão entre a área coberta por flora nativa (mata atlântica, cerrado e caatinga) e a área total do município, multiplicada por 100.	CENSOS	-
Produto Interno Bruto <i>per capita</i> (pib)	Produto Interno Bruto (PIB) total do município no ano, em reais de dezembro de 2010, dividido pela sua população total. Os valores correntes anuais do PIB <i>per capita</i> foram convertidos em valores de dezembro de 2010.	FJP	+ ou -
Taxa de analfabetismo da população de 15 anos ou mais (educ)	Razão entre o número de pessoas de 15 anos ou mais de idade analfabetas e a população total nessa faixa etária, multiplicada por 100.	CENSOS	-

Gasto per capita com atividades de saúde (saud)	Valor dos gastos orçamentários apresentados nas prestações de contas anuais (PCA) realizados nas subfunções Atenção Básica, Assistência Hospitalar e Ambulatorial, Suporte Profilático e Terapêutico, Vigilância Sanitária, Vigilância Epidemiológica e Alimentação e Nutrição, dividido pela população total do município, em reais de dezembro de 2010.	FJP	-
Gasto per capita com saneamento (sanea)	Valor dos gastos orçamentários apresentados nas prestações de contas anuais (PCA) realizados nas subfunções Saneamento Básico Rural e Saneamento Básico Urbano, dividido pela população total do município, em reais de dezembro de 2010.	FJP	-
Renda Líquida per capita (rl)	Valor da receita orçamentária da administração municipal, deduzidas operações de crédito, dividido pela população total, em reais de dezembro de 2010.	FJP	-
Temperatura média mínima e máxima (tmax/tmin)	Média das temperaturas para os meses de dezembro a fevereiro.	INMET	+ ou -
Umidade (umid)	Média da umidade para os meses de dezembro a fevereiro.	INMET	+
Precipitação (precip)	Média da precipitação de dezembro a fevereiro.	INMET	+ ou -
Clima	Componente principal feita a partir das variáveis Temperatura média mínima e máxima, umidade e precipitação.	Elaboração própria	+ ou -

Fonte: Fundação João Pinheiro/IBGE/INMET. Elaboração Própria.

De acordo com a tabela 3, a variável dependente, notificações de dengue, aumentou entre os anos 2001 e 2010, passando de uma média de 37 notificações em 2001 para 244 em 2010. Uma elevação de aproximadamente 550% no período de dez anos.

Tabela 3 – Análise descritiva das variáveis.

Variável	Média		Desvio Padrão		Mínimo		Máximo	
	2000	2010	2000	2010	2000	2010	2000	2010
Notificação	37.41*	244.47	266.08	1963.39	0.00	0.00	4731.0	52177
Densidade	59.13	65.67	286.12	313.67	1.40	1.40	6778.7	7192.4
PIB	9136.82	12213.8	9206.59	14094.5	2351.8	3593.19	149121.7	239773.6
Renda Líq.	1241.6	1598.56	620.14	755.37	431.86	671.24	6910.34	8951.91
Vegetação	25.59	25.16	17.99	17.74	1.09	1.09	78.61	78.44
Saúde	189.27	389.31	119.60	164.93	0.56	56.08	1555.0	1364.0
Saneamento	32.56	34.63	44.46	53.89	0.00	0.00	446.0	538.0
Tx. Analfáb.	18.22	13.46	8.18	6.46	4.63	2.87	46.08	35.0
Esgoto	5.18	11.27	19.19	26.58	0.00	0.00	99.13	100
Água	40.94	54.99	35.88	39.46	0.00	0.00	100	100
Lixo	2.87	17.21	16.55	37.5	0.00	0.00	100	100
Cond. San.	-1.46	1.50	1.10	1.10	-2.42	-2.45	6.32	4.09
Temp. Máx	28.71	29.16	1.85	3.26	21.3	11.3	33.6	35.9
Temp. Mín	17.58	18.32	1.62	2.25	12.9	1.02	21.7	23.8
Umidade	71.51	67.94	3.69	6.51	57.2	30.2	80.9	79.6
Precipitação	149.20	174.62	43.74	58.46	50.03	35.86	252.2	383.1
Clima	7.90	-1.15	1.65	1.49	-4.84	-10.77	5.04	2.94

* Notificação de dengue é referente ao ano 2001.

Fonte: Elaboração Própria.

As variáveis explicativas não aumentaram na mesma magnitude, entretanto algumas também tiveram elevação, o que pode sugerir uma relação positiva entre as variáveis. Além disso, o desvio padrão, que é uma medida de dispersão, aumentou cerca de 638%. A cidade que teve maior incidência de dengue, tanto em 2001 quanto em 2010, foi Belo Horizonte, com 4731 e 52177 notificações, respectivamente, o que significa um aumento de mais de 1000%.

A densidade populacional aumentou 11% na média. Fato que corrobora com a literatura ao explicar o aumento na incidência de dengue, assim como a área de município coberta por vegetação, que reduziu em média 2%. Outras variáveis, como gastos do governo com saneamento e saúde, PIB per capita, renda familiar per capita, renda municipal líquida e taxa de analfabetismo

tiveram comportamentos divergentes com o previsto na literatura. Elas deveriam estar inversamente relacionadas com a dengue, o que não aconteceu. Para muitos autores, os aumentos da renda familiar, da educação, dos gastos municipais com saúde e saneamento deveriam reduzir a ocorrência de dengue, uma vez que haveria por um lado, melhorias na informação da população e isso aumentaria a conscientização sobre a doença, e por outro, nas condições de habitação, que evitaria o acúmulo de água parada e assim diminuiria os criadouros do mosquito.

4. METODOLOGIA

Em termos metodológicos, utiliza-se o Método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) através de regressões de corte transversal para 2000 e 2010, conforme (1) e (2). Além disso, foi feita a primeira diferença (2010-2000) das equações, resultando em uma equação única de corte transversal (3), onde cada variável é diferenciada ao longo do tempo. Uma vantagem de se analisar dados em painel utilizando primeiras diferenças é que o efeito não observado, que pode ser correlacionado com as variáveis explicativas, é descartado pela diferenciação. Assim,

$$\begin{aligned} not_{i1} = & \beta_0 + \beta_1 den_{i1} + \beta_2 pib_{i1} + \beta_3 rl_{i1} + \beta_4 abas_{i1} + \beta_5 veg_{i1} + \beta_6 saud_{i1} + \beta_7 sanea_{i1} + \beta_8 educ_{i1} + \\ & \beta_9 renda_{i1} + \beta_{10} tmax_{i1} + \beta_{11} tmin_{i1} + \beta_{12} umid_{i1} + \beta_{13} \quad i1 + a_i + u_{i1} \quad (t = 1) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} not_{i2} = & \beta_0 + \beta_1 den_{i2} + \beta_2 pib_{i2} + \beta_3 rl_{i2} + \beta_4 abas_{i2} + \beta_5 veg_{i2} + \beta_6 saud_{i2} + \beta_7 sanea_{i2} + \beta_8 educ_{i2} + \\ & \beta_9 renda_{i2} + \beta_{10} tmax_{i2} + \beta_{11} tmin_{i2} + \beta_{12} umid_{i2} + \beta_{13} \quad i2 + a_i + u_{i2} \quad (t = 2) \end{aligned} \quad (2)$$

onde i denota os diferentes municípios e t indica o período no tempo, em que 1 e 2 representam os anos 2000 e 2010, respectivamente. Subtraindo a segunda equação (2) da primeira (1), se obtém a primeira diferença, conforme (3):

$$\begin{aligned} \Delta not_i = & \delta_0 + \beta_1 \Delta den_i + \beta_2 \Delta pib_i + \beta_3 \Delta rl_i + \beta_4 \Delta abas_i + \beta_5 \Delta veg_i + \beta_6 \Delta saud_i + \beta_7 \Delta sanea_i + \\ & \beta_8 \Delta educ_i + \beta_9 \Delta renda_i + \beta_{10} \Delta tmax_i + \beta_{11} \Delta tmin_i + \beta_{12} \Delta umid_i + \beta_{13} \Delta \quad i + \Delta u_{i1}, \end{aligned}$$

(3)

em que Δ representa a mudança de $t = 1$ para $t = 2$.

A análise econométrica espacial trata da dependência espacial, ou seja, as variáveis não são influenciadas somente por aquelas inerentes ao município como também por variáveis de outros municípios. Para analisar a existência da auto correlação espacial calculam-se as estatísticas I de Moran, para os anos de 2000 e 2010 (anexo). Utiliza-se o procedimento de Baumont (2004) para construir as matrizes de vizinhança até os vinte vizinhos mais próximos (K20), além das matrizes de contiguidade (rainha e torre).

Assim, estima-se o modelo por MQO, sem nenhuma defasagem espacial, testam-se os resíduos por meio do teste difuso de I de Moran e dos testes focados do tipo multiplicadores de lagrange ($ML\lambda$, $ML\rho$, $ML\lambda\rho$). Havendo evidências de autocorrelação espacial escolhe-se o melhor modelo (ALMEIDA, 2012).

5. RESULTADOS

A Tabela 5 mostra os resultados para o ano 2000 (1) e 2010 (2) e para os dados em diferença 2010-2000 (3), respectivamente.

Com relação as variáveis socioeconômicas, para o ano de 2000, gastos com saneamento básico (sanea), gastos com saúde (saud), PIB (lpib), densidade demográfica (lden) e as componentes principais para clima (clima) e condições sanitárias (condsan) se mostraram influentes na incidência de dengue. Destas, apenas a variável saud apresentou sinal negativo, assim, quanto menor o gasto em saúde, maior o risco de ocorrerem casos de dengue no município.

No ano de 2010, condsan, lpib, sanea, lden e a receita orçamentária da administração municipal (lrl) se mostraram significativas. Costa e Natal (1998), Almeida *et al* (2009) e Flauzino *et al* (2009) verificaram relação positiva entre a incidência de dengue e condições sanitárias, o que corrobora com o resultado encontrado. O crescimento urbano desordenado associado às condições sanitárias inadequadas proporciona condições favoráveis à transmissão da dengue (Costa apud

LINES, 1998). Para Carneiro e Candeias (2010) e Freitas e Cabral (2013) a densidade populacional é fator decisivo para a ocorrência da dengue.

Tabela 5: Resultado das estimações das regressões

Coefficientes	2000	2010	2010-2000
Constante	-169.69	404.76	1991.32***
Clima	14.83*	40.24	63.74
Condsan	20.14*	138.12***	182.54
Educ	-1.12	5.44	234.59**
Lpib	44.61*	385.51***	386.85
Lrl	-26.31	-412.70*	2382.77*
Sanea	0.59**	2.88***	6.16
Saud	-0.23*	-0.11	-2.93*
Lden	20.75*	132.20**	3571.77
Veg	0.34	-3.26	-15.15
R ² ajustado	0.055	0.056	0.016
R ²	0.065	0.066	0.026
MV	-5925.68	-7227.74	-8632.59
AIC	11871.35	14475.49	17285.18
SC	11918.84	14522.97	17332.67
Diagnósticos da heterocedasticidade e da multicolinearidade			
NúmeroCondicional	102.99	108.78	7.06
Jarque-Bera	80922.13 (0.00)	11381.09 (0.00)	240492.82 (0.00)
Breush-Pagan	370.53 (0.00)	218.53 (0.00)	412.90 (0.00)
Koenker-Basset	15.37 (0.08)	23.79 (0.00)	9.99 (0.35)
Autocorrelação especial	NÃO		

* representa significativo em 5%, ** coeficiente significativo a 1%, e *** significativo a 0,1%.

Nota: Entre parênteses encontram-se os valores das probabilidades.

Fonte: Elaboração própria com auxílio do software Geodaspace.

A regressão para a diferença entre os anos 2010 e 2000 (Txnot) apresentou como variáveis significativas *lrl* e *saud*, assim como nas regressões (1) e (2). Além dessas variáveis, a taxa de analfabetismo (*educ*) se mostrou influente. Esta variável, representando a influência da educação na incidência de dengue, não apresenta um consenso na literatura, pois Paula e Oliveira (2005), Mondini e Chiaravalloti Neto (2007) e Flauzino *et al* (2009) não encontram relação entre casos de dengue e escolaridade, diferentemente de Nascimento (2011) que verificou uma relação positiva entre as variáveis.

No que se refere aos sinais das variáveis, a constante e a variável *educ* apresentaram sinal negativo para o ano 2000 (1), sendo essas não significativas, o que não ocorreu nos outros modelos (2) e (3). A variável *saud* apresentou coeficiente negativo em todas as regressões, o que sugere que quanto menores os gastos em saúde, mais propício está o município para a incidência de dengue. Já *lrl* apresentou sinal positivo somente para a regressão em primeira diferença (3).

Especificamente sobre as variáveis climáticas, a componente principal de clima foi significativa apenas para o ano 2000. Resultado que vai de acordo com o encontrado por Paula e Oliveira (2005), Pereda *et al* (2011) e Nascimento (2011). Segundo esses autores, o aumento da temperatura impacta positivamente no risco da ocorrência de dengue. A relação entre dengue e quantidade de chuvas foi também positiva, porém, Pereda *et al* (2011) verificou efeitos decrescentes e até negativos caso o índice pluviométrico seja muito elevado. A variável *veg* não foi significativa para nenhuma das regressões, entretanto Carneiro e Candeias (2010) encontraram relação inversa entre vegetação e incidência de dengue.

Analisando os valores do R^2 ajustado e da Máxima Verossimilhança verificou-se que as regressões possuem baixo poder preditivo. Os critérios de informação de Akaike e Schwarz consideram o modelo de primeira diferença como sendo o melhor.

Observa-se que o teste de Jarque-Bera indica que os erros não seguem uma distribuição normal. Os modelos apresentam erros homocedáticos, de acordo com o teste de Koenker-Basset. Com relação à autocorrelação espacial, os testes I de Moran e LM dos resíduos não se mostraram significativos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do presente trabalho é entender a influência de variáveis climáticas e socioeconômicas na incidência da dengue nos municípios do estado de Minas Gerais. O trabalho contribui com a literatura de economia da saúde e de política pública, uma vez que é pioneiro em fazer uma análise econométrica para os municípios mineiros.

Os resultados das estimações mostram indícios que o saneamento básico, o PIB *per capita* do município e a densidade populacional influenciam positivamente na incidência da dengue. A variável taxa de analfabetismo não é significativa para as regressões de corte transversal, isso demonstra que as questões básicas de saúde, ou seja, aquelas que afetam a todos os indivíduos igualmente independem da educação individual.

A componente principal de clima aparece significativa somente para o ano 2000. Quando a regressão é feita com as variáveis separadamente, ou seja, temperatura mínima e máxima, umidade e precipitação, nenhuma delas parece influenciar nos casos de dengue.

Dado que os testes I de Moran e LM não se mostraram significativos, o controle da dependência espacial não deve ser considerado no caso da dengue. Tal resultado demonstra que a dengue é uma doença que depende fundamentalmente do controle municipal, com medidas de combate e prevenção.

Assim, para que os municípios mineiros controlem a dengue é necessária atenção contínua nas campanhas de controle ao vetor. As políticas públicas podem ter caráter individualizado, uma vez que o que ocorre num município não se relaciona com seus vizinhos no que tange à dengue.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. S.; **Econometria Espacial Aplicada**. 1ª Ed. Campinas: Alínea Editora, 2012.
- ALMEIDA, S. A.; MEDRONHO, R. A.; VALENCIA, L. I. O. Análise espacial da dengue e o contexto socioeconômico no município do Rio de Janeiro, RJ. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 43, n. 4, p. 666-673, 2009.
- BRASIL. Ministério da Saúde. DATASUS. Informações de saúde. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?ibge/cnv/poptmg.def>>. Acesso em: nov. 2012.
- BRASIL. Ministério da Saúde. DATASUS. Informações de saúde. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?idb2011/d0203.def>> . Acesso em: jan. 2013.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Vigilância em saúde: dengue, esquistossomose, hanseníase, malária, tracoma e tuberculose**. 2. ed. rev. Brasília: Ministério da Saúde, 2008. 197 p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Guia de vigilância epidemiológica**. 7. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2009.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Secretaria de Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde. **Dengue: decifra-me ou devoro-te**. Brasília: Ministério da Saúde, 2007.
- CARNEIRO, L. I. S.; CANDEIAS, A. L. B. Análise de dados sócio-econômicos e ambientais na cidade do Recife e a dengue no período: 2000 – 2006. **III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**, Recife-PE, p. 01-09, 2010.
- Centers for Disease Control and Prevention- CDC**. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/dengue>>. Acesso em: nov. 2012.
- CONFALONIERI U. E.C.; Variabilidade Climática, Vulnerabilidade Social e Saúde no Brasil. **Terra Livre**, São Paulo, v I, n. 20, p.193-204, 2003.
- CORRÊA, J. A. J.; PEREIRA, I. C. N.; COSTA, A. C. L. Análise da distribuição espacial do vetor da dengue na cidade de Santarém (PA) a partir de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, abril de 2013.
- COSTA, A. I. P.; NATAL, D. Distribuição espacial da dengue e determinantes socioeconômicos em localidade urbana no Sudeste do Brasil. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 232-236, 1998.
- FLAUZINO, R. F.; SOUZA-SANTOS, R.; OLIVEIRA, R. M. Dengue, geoprocessamento e indicadores socioeconômicos e ambientais: um estudo de revisão. **Revista Panamericana de Salud Pública**, Washington, v. 25, n. 5, p. 456-461. 2009.

FLAUZINO, R. F.; SOUZA-SANTOS, R.; BARCELLOS, C.; GRACIE, R.; MAGALHÃES, M. A. F.; OLIVEIRA, R. M. Heterogeneidade espacial da dengue em estudos locais, Niterói, RJ. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 43, n. 6, p. 1035-1043, 2009.

FREITAS, M.V.; CABRAL, J. A. Distribuição espacial e determinantes socioeconômicos e demográficos da dengue nos municípios brasileiros. **XI Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, 2013.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Brasília, 2013.

JESUS, E. F. R.; Interface entre a climatologia e a epidemiologia: uma abordagem geográfica. **Geotextos**, vol. 6, n. 2, p 211-236, 2010.

MENDONÇA, F.; Aspectos da interação clima-ambiente-saúde humana: da relação sociedade-natureza à (in)sustentabilidade ambiental. **R. Ra'ega**, Curitiba, n.4, p 85-99. Editora UFPR, 2000.

MENDONÇA, F.; PAULA, E. V.; OLIVEIRA, M. M. F. Aspectos socioambientais da expansão da dengue no Paraná. **Biblioteca virtual de desarrollos ostensible y salud ambiental**, Organização Panamericana de la Salud. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd25/dengue.pdf>>. Acesso em: set. 2012.

MEDRONHO, R. A.; Dengue e ambiente urbano. **Revista Brasileira de Epidemiologia**. São Paulo, v. 9, n. 2, p. 159 – 161, jun. 2006.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Saúde. **Linha-Guia de Atenção à Saúde: multivariada**: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2005. 297 p.

MONDINI, A.; NETO, F. C.; Variáveis socioeconômicas e a transmissão de dengue. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 41, n. 6, p. 923-930, 2007.

ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DE SAÚDE – OPS; Diretrizes relativas à prevenção e ao controle da dengue e da dengue hemorrágica nas Américas. **Relatório da Reunião sobre Diretrizes para a Dengue**, Washington, 1991.

SILVA, A. A.; MIRANDA, C. F.; FERREIRA, J. R.; ARAÚJO, E. J. A. Fatores sociais e ambientais que podem ter contribuído para a proliferação da dengue em Umuarama, estado do Paraná. **Maringá**, v.25, no 1, p. 81-85, 2003. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciHealthSci/article/view/2305>> Acesso em: dez. 2012.

SINAN. Sistema de informações de agravos de notificação. Ministério da Saúde. Brasília, 2013.

TAUIL, P. L.; Dengue: desafios para o seu controle. **Brasília Médica**, Brasília, v. 45, n. 1, p. 3 – 4, 2008.

TEIXEIRA, M. G.; COSTA, M. C. N.; BARRETO, F.; BARRETO M. L. Dengue: vinte e cinco anos da reemergência no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**. Rio de Janeiro, v. 25, Supl. 1, p. 7 – 18, 2009.

WHO (World Health Organization), **World health statistics** 2012.(05/05/2013). Disponível em: <http://www.who.int/whosis/whostat/2012/en/index.html>.

Anexo: Autocorrelação Espacial

Variáveis	I de Moran		p-valor	
	Queen	k5	Queen	k5
Dens	0.5477	0.6204	0.001	0.001
PIB	0.0346	0.0649	0.026	0.013
RI	0.0507	0.0471	0.011	0.017
Abas	0.0084	0.0122	0.301	0.247
Veg	0.0315	0.0324	0.02	0.017
ESG	0.0889	0.0531	0.001	0.007
Lix	0.0718	0.0798	0.001	0.001
Saud	0.0315	0.0747	0.055	0.001
Sanea	0.0554	0.0601	0.005	0.003
Educ	0.4737	0.4936	0.001	0.001
Renda	0.247	0.2428	0.001	0.001
Tmax	0.1536	0.2025	0.001	0.001
Tmin	0.1771	0.2191	0.001	0.001
Umid	0.1858	0.2394	0.001	0.001
Precip	0.1622	0.1727	0.001	0.001

Fonte: elaboração própria.